# Burgrain: Vergleichende Ökobilanz dreier Anbausysteme

**Claudia Frick, David Dubois, Thomas Nemecek und Gérard Gaillard, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholz (FAL), CH-8046 Zürich**
**Ruedi Tschachtli, Landwirtschaftliche Bildungs- und Beratungszentrale (LBBZ), CH-6130 Willisau LU**
Auskünfte: Claudia Frick, e-mail: claudia.frick@fal.admin.ch, Fax +41 (0)1 377 72 01, Tel. +41 (0)1 377 72 67

## ZUSAMMENFASSUNG

**Für die drei Anbausysteme Intensive Produktion (IS), Integrierte Produktion (IP) und Low-Input-Produktion (LI) des Betriebes Burgrain (Luzern, Schweiz) wurde eine Ökobilanz durchgeführt. Betrachtet wurde eine sechsjährige Fruchtfolge, bestehend aus Kartoffeln, Winterweizen gefolgt von einem Zwischenfutter, Körnermais, Sommergerste und einer zweijährigen Kunstwiese. Die Resultate zeigen, dass sich die drei Anbausysteme bezüglich der potenziellen Umweltwirkungen wenig unterscheiden. Als wichtigste Faktoren erwiesen sich die Maschinennutzung und das Ausbringen der Hofdünger. Die Produktion der Mineraldünger trug einen kleinen Teil an den Verbrauch von fossilen Energieträgern bei, die Pflanzenbehandlungsmittel beeinflussten die Resultate nur gering.**

Auf dem gemischtwirtschaftlichen Betrieb Burgrain (Alberswil, Luzern) werden seit anfangs der 90er-Jahre die drei Anbausysteme ortsüblich-mittelintensive Produktion (IS), Integrierte Produktion (IP) und eine Low-Input-Produktion (LI) nebeneinander durchgeführt (Kasten: Anbausysteme auf Burgrain). Arbeiten von Dubois *et al.* (1995 und 1999) zeigten sowohl im agronomischen wie auch im betriebswirtschaftlichen Bereich mittlere, aber praxisrelevante Auswirkungen des unterschiedlichen Hilfsmitteleinsatzes. Eine umfassende Beurteilung der ökologischen Auswirkungen der drei Anbausysteme auf Burgrain gab es bisher keine. Die Methode der Ökobilanz bietet sich dafür an. Sie wurde durch Büchel (1993), Audsley *et al.* (1997) und Gaillard und Hausheer (1999) an einzelnen Kulturen erprobt. Seither wurde sie auch für die Beurteilung ganzer Fruchtfolgen (Alföldi *et al.* 1999) oder Betriebe (Rossier 1998) angewandt.

**In Ökobilanzen werden Stoff- und Energieflüsse verschiedener landwirtschaftlicher Systeme erfasst und ihre potenziellen Umweltwirkungen geschätzt. (Foto: Gabriela Brändle, FAL)**

## Wie wurde die Ökobilanz erstellt

Gemäss ISO (1997) besteht eine Ökobilanz aus vier Phasen: 1. Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens, 2. Sachbilanz, 3. Wirkungsabschätzung und 4. Auswertung.

Ziel der vorliegenden Ökobilanz ist der Vergleich der potenziellen Umweltwirkungen der drei Anbausysteme auf dem Betrieb Burgrain. Die Bilanzierung erfolgte für die sechsjährige ackerbaubetonte Fruchtfolge (AFF) auf je sechs Parzellen im Zeitraum 1994 bis 1999. Die Fruchtfolge setzt sich folgendermassen zusammen:

1. Jahr: Kartoffeln mit nachfolgender Gründüngung
2. Jahr: Winterweizen mit nachfolgendem Zwischenfutter (Kunstwiese)
3. Jahr: Körnermais gefolgt von Brache
4. Jahr: Sommergerste mit nachfolgender Ansaat der Kunstwiese
5. und 6. Jahr: Kunstwiese

Als ertragsbezogene Bezugsbasis für die Ergebnisse der Wir-

**Anbausysteme auf Burgrain**

**Intensiv (IS):** ortsüblicher, mittelintensiver Anbau, ausgerichtet auf hohe Naturalerträge, entspricht ab 1997 einer ortsüblichen IP / ÖLN.
**Integriert (IP):** extensive integrierte Produktion, entspricht den SVIAL-Empfehlungen für den integrierten Acker- und Futterbau (Stufe Ziel, SVIAL 1992), gezielter Hofdünger- und Pflanzenschutzmitteleinsatz und Extensoanbau bei Getreide.
**Low-Input (LI):** Low-Input System mit minimalem Einsatz synthetischer Hilfsstoffe (Fungizid in Kartoffeln, Herbizid in Kunstwiesenansaat), entspricht seit 1997 einem Bioanbau auf Parzellenstufe.

kungsabschätzung diente die funktionelle Einheit «Kilogramm Trockensubstanz» der Erntegüter. Zusätzlich wurde die Bilanz auch flächenbezogen mit der funktionellen Einheit «Hektare» berechnet. Da die Ernte von Körnermais, Sommergerste und Kunstwiesen nicht direkt der menschlichen Ernährung dient, sondern zuerst durch Tiere umgesetzt wird, wurde zudem die auf den Menschen bezogene funktionelle Einheit «verdauliche Energie» berücksichtigt.

Der Untersuchungsrahmen bestimmt die bilanzierten Prozesse und Produkte. Berücksichtigt wurde der Anbau bis und mit Ernte aller Kulturen der Fruchtfolge inklusive der Gründüngung und Brache, die Trocknung des Körnermais sowie die Herstellung aller verwendeten Hilfsstoffe und Maschinen. Für die Umweltinventare der Maschinen, Einstellgebäude und Pflanzenbehandlungsmittel dienten die Angaben von Gaillard *et al.* (1997), für die Energieträger jene von Frischknecht *et al.* (1996) und für die Dünger diejenigen von Garcia und Nemecek (2000). Emissionen, die auf dem Feld beispielsweise durch das Ausbringen von Düngern entstanden, wurden mittels Modellen berechnet. Der Dieselverbrauch, der Gebäudebedarf und die benötigten Traktorenstunden wurden gemäss Angaben von Ammann (2000) und Näf (1996) ermittelt.

Aufgrund der guten Dokumentation in den Schlagkarteien waren für die Ackerkulturen alle durchgeführten Arbeitsschritte und Hilfsstoffeinsätze erfasst. Da die Kunstwiesen zeitweise als Kurzrasenweide genutzt wurden, die Beweidung aber nicht genau dokumentiert war, hat man für diese Zeit eine Schnittnutzung mit Gülleausbringung angenommen.

Die Stoff- und Energieflüsse der Sachbilanz wurden mittels der Wirkungsabschätzung einer oder mehreren Umweltwirkungen zugeteilt. Für jede Umweltwirkung wurde eine Referenzsubstanz bestimmt. Die für die entsprechende Umweltwirkung relevanten Flüsse wurden in Äquivalente dieser Substanz umgerechnet und addiert. Eine zusätzliche Gewichtung oder Aggregation der verschiedenen Umweltwirkungen erfolgte aber wegen der fehlenden wissenschaftlichen Begründung nicht. Die betrachteten potenziellen Umweltwirkungen sind im Kasten «Betrachtete Umweltwirkungen» kurz beschrieben.

**Betrachtete Umweltwirkungen**

**Ressourcenausschöpfung:** Bedarf an nicht erneuerbaren (fossilen) Energieträgern (Rohöl, Kohle, Erdgas, Uran).
**Ozonbildung:** Bildung des bodennahen Ozons durch Gase und Sonnenlicht (z.B. Methan, Stickoxide).
**Treibhauspotenzial (500 Jahre):** Erwärmung der Atmosphäre durch Treibhausgase (Kohlendioxid, Lachgas, Methan, FCKW).
**Humantoxizität:** Gesundheitsschädigung durch giftige Stoffe aus dem Boden, der Luft oder den Gewässern. Die Aufnahme durch die Nahrung wird mangels Daten nicht berücksichtigt.
**Aquatische Ökotoxizität:** Mögliche Schädigung der aquatischen Flora und Fauna durch Schwermetalle und Pestizidausträge in die Oberflächengewässer
**Terrestrische Ökotoxizität:** Mögliche Schädigung der terrestrischen Flora und Fauna durch Schwermetalle und Pestizide im Boden.
**Aquatische Eutrophierung:** Nährstoffeinträge in die Oberflächengewässer vor allem durch Ammoniak und Phosphat.
**Terrestrische Eutrophierung:** Deposition von Nährstoffen aus der Luft (vor allem Ammoniak und Stickoxide)
**Gesamt-Eutrophierung:** Setzt sich zusammen aus der aquatischen und terrestrischen Eutrophierung. Zusätzlich werden Emissionen von Nitrat und Phosphat ins Grundwasser berücksichtigt.
**Versauerung:** versauernde Wirkung auf Böden und Gewässer durch gasförmige Emissionen («saurer Regen»).

## Unterschiede vor allem bei Düngung und Pflanzenschutz

Die drei Anbausysteme unterscheiden sich deutlich bezüglich der Stickstoffdüngung. Wie Tabelle 1 zeigt, nimmt die Menge des ausgebrachten verfügbaren Stickstoffs in der Reihenfolge IS, IP (-26 %) und LI (-33 %) ab. IS deckt den Stickstoffbedarf etwa zu gleichen Teilen über Mineral- und Hofdünger. Bei IP hingegen erfolgt der Hauptteil und bei LI die gesamte Düngung in Form von Hofdüngern. In der ackerbaubetonten Fruchtfolge

**Tab. 1. Durchschnittliche Inputs der Anbausysteme für die ackerbaubetonte Fruchtfolge für 1994 bis 1999 pro Hektar und Jahr** ($N_{verf}$: verfügbarer Stickstoff, DGVE: Dünger-Grossvieheinheiten)

| pro Hektare und Jahr | Ackerbaubetonte Fruchtfolge | | |
|---|---|---|---|
| | IS | IP | LI |
| verfügbarer Stickstoff (kg $N_{verf}$) | 105 | 78 | 71 |
| Mineraldünger (kg $N_{verf}$) | 52 | 23 | – |
| Gülle (kg $N_{verf}$) | 46 | 49 | 63 |
| Mist (kg $N_{verf}$) | 7 | 6 | 8 |
| DGVE (P) | 2,1 | 1,9 | 2,0 |
| Diesel (kg) | 152 | 150 | 153 |
| Wirkstoffe (kg) | 3,3 | 2,1 | 0,6 |

**Tab. 2. Durchschnittliche Anzahl Durchgänge für Bewirtschaftungsmassnahmen der Anbausysteme für die ackerbaubetonte Fruchtfolge für 1994 bis 1999 pro Hektare und Jahr**

| pro Hektare und Jahr | Ackerbaubetonte Fruchtfolge | | |
|---|---|---|---|
| | IS | IP | LI |
| Bodenbearbeitung, Saatbettbereitung | 2,3 | 2,3 | 2,3 |
| Saat | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| mechanischer Pflanzenschutz | 0,3 | 1,1 | 1,6 |
| chemischer Pflanzenschutz | 2,5 | 1,3 | 0,8 |
| Hofdünger | 1,7 | 2,3 | 2,6 |
| Mineraldünger | 1,6 | 0,8 | – |
| Ernte | 11,8 | 11,8 | 11,9 |
| **Total** | **21,4** | **20,7** | **20,4** |

wird in LI 31% mehr Gülle ausgebracht. Die Böden des Standorts Burgrain benötigen aufgrund ihrer hohen P- und K-Testzahlen keine mineralische Phosphat- oder Kalidüngung. In den Systemen IP und LI lässt sich aufgrund der ausgebrachten Wirkstoffmengen für den Pflanzenschutz sowie der Anzahl Behandlungen eine gewisse Extensivierung feststellen. Der Dieselverbrauch wie auch der Bedarf an Maschinen und Einstellgebäuden ist in den drei Anbausystemen hingegen fast gleich hoch. Wie Tabelle 2 zeigt, werden in den drei Anbausystemen etwa gleich viele Maschineneinsätze durchgeführt. Über 60 % aller Durchgänge finden in den Kunstwiesen statt. Die Bewirtschaftung der Kunstwiese ist bezüglich der Ernte- und Düngungshäufigkeit in allen drei Systemen fast identisch. In den Ackerkulturen sind grössere Systemunterschiede zu finden.

Bezogen auf die geerntete Trockenmasse der ackerbaubetonten Fruchtfolge weisen die extensiveren Anbausysteme im Vergleich zu IS geringe Ertragseinbussen auf (IP: -5 %, LI: -7 %) (Abb. 1). Die grössten Unterschiede zwischen den Anbausystemen zeigten sich in der Sommergerste, wobei LI im Vergleich zu IS einen um 26 % verminderten Ertrag erbringt. Die in allen drei Anbausystemen fast gleich hohen Erträge der Kunstwiesen wirken hingegen stark ausgleichend auf die geerntete Trockenmasse der gesamten Fruchtfolge. Für den Ertrag, ausgedrückt als verdauliche Energie, ergibt sich ein ähnliches Bild: IP weist eine 6%ige, LI eine 10%ige Ertragseinbusse auf.

## Ähnliche potenzielle Umweltwirkungen der Anbausysteme

Die Wirkungsabschätzung pro Kilogramm geernteter Trockensubstanz (Abb. 2) zeigt, dass die Unterschiede zwischen den drei Anbausystemen für die zehn betrachteten potenziellen Umweltwirkungen (Kasten «Betrachtete Umweltwirkungen») zwischen 0 % und 35 % betragen. Da die Fruchtfolge auf sechs Parzellen gleichzeitig erfolgte, konnten die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung über sechs Jahre statistisch ausgewertet werden (Friedmann ANOVA, 5 %-Niveau). Bezogen auf ein Kilogramm Trockensubstanz erge-

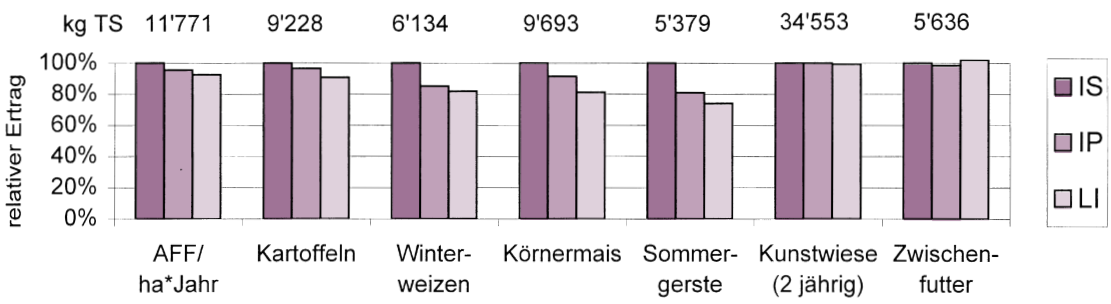


**Abb.1. Relative Durchschnittserträge der Anbausysteme auf Burgrain (IS= 100 %) für die ackerbaubetonten Fruchtfolge (AFF) pro Hektare 1994 bis 1999. Für IS sind die durchschnittlichen Hektarerträge in Kilogramm Trockensubstanz angegeben.**

ben sich für die Ozonbildung, die Humantoxizität und die aquatische Ökotoxizität keine statistisch abgesicherten Unterschiede zwischen den Anbausystemen. Sie unterscheiden sich hingegen bezüglich der Ressourcenausschöpfung, der terrestrischen Ökotoxizität, dem Treibhauspotenzial, der Versauerung, der aquatischen und terrestrischen Eutrophierung sowie der Gesamteutrophierung. Diese Unterschiede sind wegen der verwendeten Modelle vorsichtig und als gering zu interpretieren.

Um die relevanten Flüsse und deren Quellen darzustellen, wurden für die Resultate der Wirkungsabschätzung exemplarisch zwei Umweltwirkungen ausgewählt.

Wie Abbildung 3 zeigt, ist der Maschineneinsatz (Herstellung der Maschinen, Erstellen der Einstellhallen, Produktion und Verbrennung von Diesel) bei allen Anbausystemen zu über 80 % für die Ressourcenausschöpfung verantwortlich. Die Mineraldüngerherstellung trägt hingegen nur wenig dazu bei. In IS sind es 12 % und in IP 6 %. Die dadurch leicht höhere Ressourcenausschöpfung wird allerdings durch den besseren Ertrag in IS und IP ausgeglichen, so dass - bezogen auf ein Kilogramm Trockensubstanz - die drei Anbausysteme insgesamt eine ähnlich hohe Energieeffizienz aufweisen. Die Herstellung der Pflanzenbehandlungsmittel macht lediglich 2 % der Ressourcenausschöpfung aus.

Für die terrestrische Eutrophierung (Abb. 4) ist die wichtigste Ursache Ammoniak, das vorwiegend bei der Hofdüngerausbringung entsteht. Da in der ackerbaubetonten Fruchtfolge in LI etwas mehr Gülle ausgebracht wird als in den zwei anderen Systemen, wird in LI etwas mehr Ammoniak gebildet.

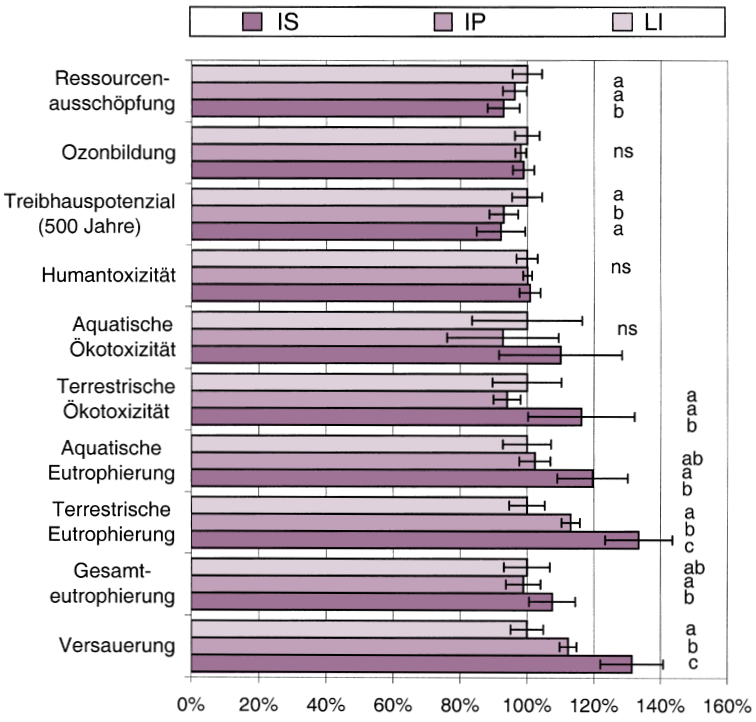


**Abb. 2 . Relative potenzielle Umweltwirkungen der Anbausysteme auf Burgrain (IS = 100 %) für die ackerbaubetonten Fruchtfolge mit Standardabweichung bezogen auf die funktionelle Einheit Trockensubstanz.** Mittelwerte einer Umweltwirkung mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant auf dem 5 %-Niveau (Friedmann-ANOVA). Beispiel Ressoucenausschöpfung: signifikante Unterschiede zwischen IS und LI sowie zwischen IP und LI.

Wird die Fruchtfolge flächenbezogen und somit ertragsunabhängig bilanziert, bleiben die Unterschiede zwischen den Anbausystemen klein. Aufgrund des höheren Mineraldüngereinsatzes in IS verursacht dieses System statistisch gesichert leicht höhere Auswirkungen auf die Ressoucenausschöpfung, die Ozonbildung, das Treibhauspotenzial und die Humantoxizität als die beiden extensiveren Systeme. LI verursacht flächenbezogen etwas negativere potenzielle Umweltwirkungen auf die terrestrische Eutrophierung und die Versauerung als IS. Für die übrigen potenziellen Umweltwirkungen lassen sich keine statistisch gesicherten Unterschiede finden.

Wegen der ähnlichen Ertragssituation in den drei Anbausystemen ergeben sich für die Bezugsbasis verdauliche Energie ähnliche Resultate wie mit der funktionellen Einheit Trockensubstanz.

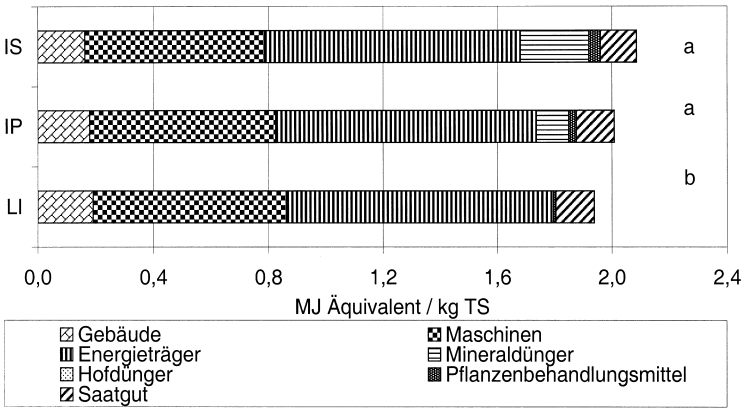


**Abb. 3 . Durchschnittliche Ressourcenausschöpfung der Anbausysteme auf Burgrain für die ackerbaubetonte Fruchtfolge für 1994 bis 1999 bezogen auf ein Kilogramm Trockensubstanz.** Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant auf dem 5 %-Niveau (Friedmann-ANOVA).

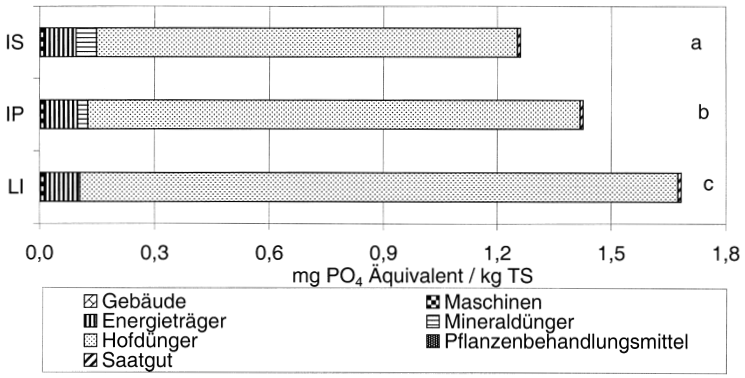


**Abb. 4 . Durchschnittliche potenzielle terrestrische Eutrophierung der Anbausysteme auf Burgrain für die ackerbaubetonte Fruchtfolge für 1994 bis 1999 bezogen auf ein Kilogramm Trockensubstanz.** Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant auf dem 5 %-Niveau (Friedmann-ANOVA).

## Maschineneinsatz und Gülle sind entscheidend

Bei den drei betrachteten Anbausystemen auf Burgrain trägt die Nutzung der Maschinen (inklusive Herstellung der Einstellgebäude und Energieträger) den Hauptteil zu der Ressourcenausschöpfung, der Ozonbildung, dem Treibhauseffekt und der Humantoxizität bei. Die restlichen sechs der zehn betrachteten potenziellen Umweltwirkungen werden weitgehend durch den Hofdüngereinsatz bestimmt. Wegen Emissionen von Ammoniak oder Lachgas wirkt sich dieser sowohl negativ auf alle drei betrachteten Eutrophierungsarten wie auch auf die Versauerung aus. Die mit den Hofdüngern aufs Feld ausgebrachten Schwermetalle können zudem toxisch auf aquatische und terrestrische Ökosysteme wirken. Weil in LI in der ackerbaubetonten Fruchtfolge etwas mehr Gülle ausgebracht wird als in den zwei anderen Systemen, sind die dadurch verursachten potenziellen Umweltwirkungen entsprechend höher.

Bemerkenswert ist, dass sich der Einsatz an Mineraldüngern und Pflanzenschutzmitteln nur geringfügig auf die Ergebnisse der Ökobilanz auswirkt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Pflanzenbehandlungsmittel bei der gewählten Methode (Jolliet und Crettaz 1997; Margni *et al.* 2000) wegen ihrer Abbaubarkeit generell weniger schädlich bewertet werden als Schwermetalle. Würden die Schwermetalle in der Wirkungsabschätzung nicht berücksichtigt, so würden die intensiveren Systeme mit höherem Pflanzenschutzmittel-Einsatz bezüglich der aquatischen und terrestrischen Ökotoxikologie negativer abschneiden als LI. Als potenziell besonders ökotoxisch erwies sich das verwendete Fungizid Chlorothalonil, ebenso wie das Krautvernichtungsmittel Diquat.

## Vergleiche und Ausblick

Ein Vergleich mit der Ökobilanzierung der Fruchtfolge des DOK-Versuchs (Alföldi *et al.* 1999) zeigt: Das Intensive Verfahren auf Burgrain verbraucht pro Hektare 20 % weniger an nicht erneuerbaren Energiequellen als das konventionelle Verfahren des DOK-Versuches. Auch im Vergleich zu dem von Gaillard und Hausheer (1999) berechneten Szenario des intensiven Weizenanbaus in der Schweiz weist dasjenige auf Burgrain ein um ungefähr 40 % verringerter Aufwand an nicht erneuerbaren Energiequellen pro Hektare auf. Dies deutet darauf hin, dass das IS-Verfahren auf Burgrain tatsächlich nur als mittelintensiv einzustufen ist.

Die Berechnung der Ökobilanz der Anbausysteme auf Burgrain zeigte zudem, dass die Verteilung der Hofdünger für die ackerbaubetonte Fruchtfolge in den drei Anbausystemen nicht gleichmässig erfolgte. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Betrieb die Hofdüngergaben auf zwei Fruchtfolgen abstimmte. Es wäre deshalb wünschenswert, eine Ökobilanz für beide Fruchtfolgen auf Burgrain durchzuführen.

Zum jetzigen Zeitpunkt konnten die Umweltwirkungen «Biodiversität», «Landschaftsbild» und «Bodenfruchtbarkeit» mangels fehlender Methoden noch nicht berücksichtigt werden. Um eine abschliessende Beurteilung über den Erfolg der angestrebten Ökologisierung der Anbausysteme vorzunehmen, sollten diese Umweltwirkungen allerdings miteinbezogen werden.

## Ähnliche Bewirtschaftung führt zu geringen Unterschieden

Die Ökobilanz ist ein nützliches Instrument, um Stoff- und Energieflüsse und die damit verbundenen potenziellen Umweltwirkungen verschiedener landwirtschaftlicher Systeme abzuschätzen. Die Berechnungen für die drei Anbausysteme auf Burgrain ergaben, dass sie sich bezüglich der zehn betrachteten potenziellen Umweltwirkungen nur geringfügig unterscheiden. Ein Grund dafür liegt in der recht ähnlichen Bewirtschaftung und in den etwa gleich hohen Erträgen der Kunstwiesen. Der reduzierte Einsatz von Mineraldüngern und Pflanzenbehandlungsmitteln in den extensiveren Anbausystemen wirkt sich zwar agronomisch aus; bezüglich der betrachteten Umweltwirkungen scheinen sie aber wenig ins Gewicht zu fallen. Massgebend für die potenziellen Umweltwirkungen waren bei allen Anbausystemen auf Burgrain der Maschi-

neneinsatz mit dem damit verbunden Treibstoff- und Gebäudebedarf sowie die durch das Ausbringen der Hofdünger verursachten Emissionen.

## Literatur


- Alföldi T., Schmid O., Gaillard G. und Dubois D., 1999. IP- und Bio-Produktion: Ökobilanzierung über eine Fruchtfolge, *Agrarforschung* **6** (9), 337-340.

- Ammann H., 2000. Maschinenkosten 2000, *Schriftenreihe der FAT* **46**, Tänikon.

- Audsley E,. Alber S., Clift R., Cowell S., Crettaz P., Gaillard P., Hausheer J., Jolliet O., Kleijn R., Mortensen B., Pearce D., Roger E., Teulon H., Weidema B. und van Zeijts H., 1997. Harmonisation of environmental life cycle assessment for agriculture. Final report of a EU concerted action, AIR 3-CT94-2028.

- Büchel K., 1993. Ökobilanz landwirtschaftlicher Produktion, Nachdiplomstudium, Fachhochschule Vaduz und Ingenieurschule HTL, Chur.

- Dubois D., Zihlmann U. und Fried P.M., 1999. Burgrain: Erträge und Wirtschaftlichkeit dreier Anbausysteme, *Agrarforschung* **6** (5), 169-172.

- Dubois D., Fried P.M., Malitius O. und Tschachtli R., 1995. Burgrain: Direktvergleich dreier Anbausysteme, *Agrarforschung* **2** (10), 457-460.

- Frischknecht R., Hofstetter P., Knöpfel I., Ménard M., Dones R. und Zollinger E., (eds.), 1996. Ökoinventare von Energiesystemen. 3. Aufl., Gruppe Energie-Stoffe-Umwelt, ETH Zürich.

- Gaillard G. und Hausheer J., 1999. Ökobilanz des Weinzenanbaus, *Agrarforschung* **6** (1), 37-40.

- Gaillard G., Crettaz P. und Hausheer J., 1997. Umweltinventar der landwirtschaftlichen Inputs im Pflanzenbau. *Schriftenreihe der FAT* **46**, Tänikon.

- Garcia J. und Nemecek T., 2000. Umweltinventar landwirtschaftlicher Inputs und Prozesse. Interner Bericht, Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz.

- ISO, 1997. Umweltmanagement, Ökobilanz, Prinzipien und allgemeine Anforderungen, Ref.Nr.DIN EN ISO 14040, DIN Deutsches Institut für Normung, Berlin.

- Jolliet O. and Crettaz P., 1997. Critical surface-time 95: A life cycle impact assessment methodology including fate and exposure, Report of the Institute of Soil and Water Management, EPFL, Lausanne.

- Margni M., Jolliet O., Rossier D. and Crettaz P., 2000. Life cycle impact assessment of pesticides on human health and ecosystems. EPFL-Swiss Federal Institute of Technology-Lausanne. Institute of soil and water management, IATE-Hydram, Lausanne. Service romand de vulgarisation agricole, Lausanne, unpubliziert.

- Näf E., 1996. Datenkatalog für den Arbeitszeitbedarf der landwirtschaftlichen Arbeiten, FAT, Tänikon.

- Rossier D., 1998. Ecobilan, Adaptation de la méthode écobilan pour la gestion environnementale de l'exploitation agricole, service romand de vulgarisation agricole (SRVA), Lausanne.

- SVIAL, 1992. Anbauempfehlungen für integrierten Ackerbau. Schweizerischer Verband der Ingenieur-Agronomen, Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Zollikofen.



## RÉSUMÉ

**Burgrain: bilan écologique de trois systèmes de production**

Un bilan écologique a été établi pour les systèmes intensif (IS), intégré (IP) et «low-input» (LI) de l'essai Burgrain (Alberswil/Luzern). Les calculs considèrent une rotation des cultures comprenant des pommes de terres, du blé d'automne suivi par une culture dérobée (prairie), du maïs grain, de l'orge de printemps et une prairie artificielle pendant deux ans. Les résultats montrent que ces trois systèmes sont semblables au niveau des impacts environnementaux.

L'utilisation des machines et l'épandage du lisier se révèlent être les facteurs ayant le plus grand effet sur les résultats. La production d'engrais minéral contribue peu à l'utilisation des ressources énergétiques fossiles. Les produits de traitement des plantes influencent les résultats d'une manière peu importante.

## SUMMARY

**Life cycle assessment of three farming systems at Burgrain**

An environmental life cycle assessment for the farming systems intensive (IS), integrated (IP) and «low-input» (LI) on the farm Burgrain (Central Switzerland, Luzern) was carried out. The calculations included a whole crop rotation, consisting of potatoes, wheat, meadow during winter, maize, spring barley and two years of leys. The results reveal that the three systems differ little concerning the environmental impacts. The use of machinery and the spreading of liquid manure are the main factors and influence many environmental impacts for all three farming systems. The production of mineral fertiliser contributes only a little percentage to the use of fossil energy resources. Plant treatment products have no essential effect on the environmental life cycle assessment.



**Key words:** life cycle assessment, arable farming systems, crop rotation, intensiv farming, integrated farming, organic farming